

空気清浄技術

古橋拓也*
森岡怜司**

Indoor Air Clean Technology

Takuya Furuhashi, Reiji Morioka

要旨

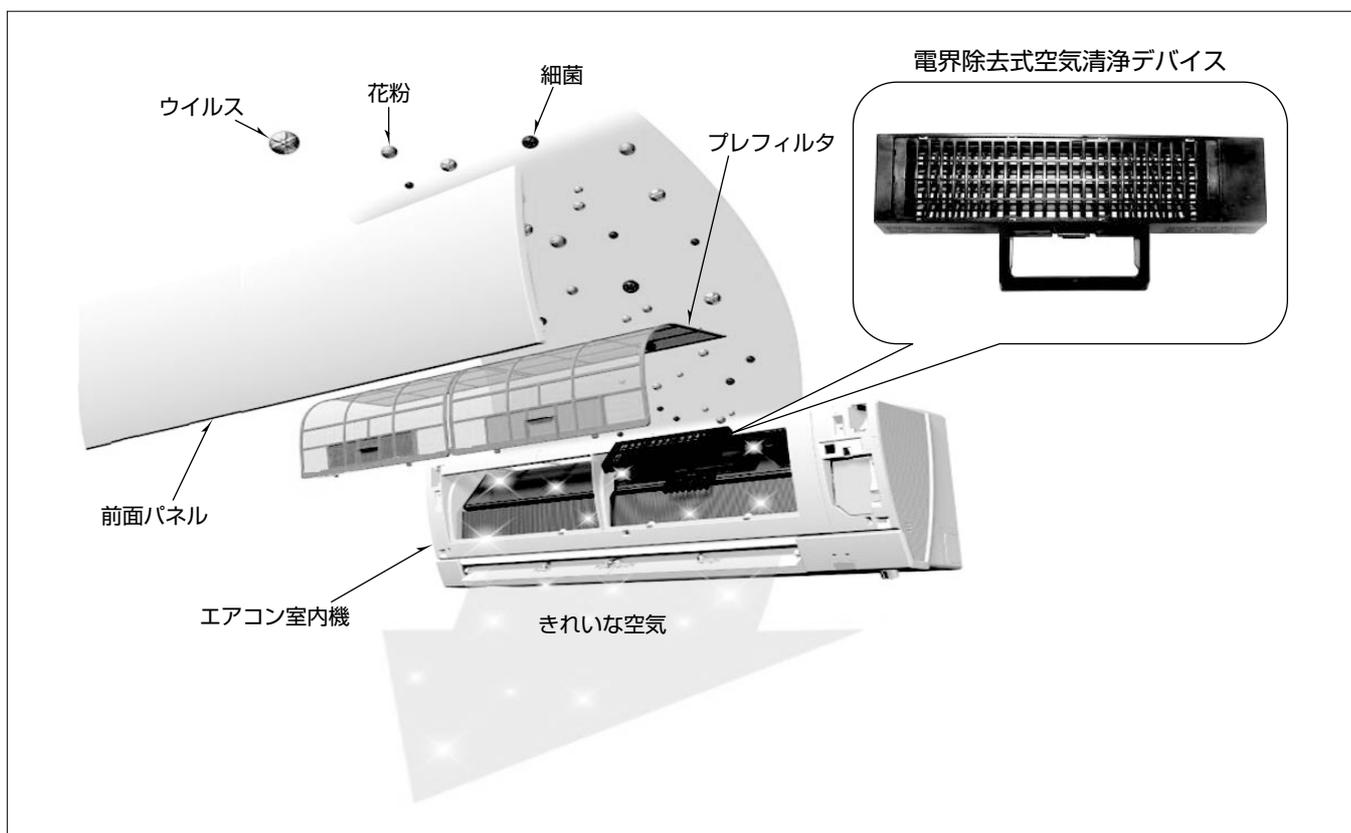
2009年に流行した新型インフルエンザ以降、中国での鳥インフルエンザの人への感染が確認されるなど、毎年異なる新型流行の懸念もあり、引き続きインフルエンザ予防対策が注目されている。このことから、室内環境改善の一環として、ルームエアコンにも空気清浄機能の付与が望まれている。

本稿では、室内に浮遊するウイルスや細菌を除去、不活化する技術を搭載したルームエアコンとその技術に関して述べる。

ルームエアコンに搭載されている電界除去式空気清浄デバイスは、新規開発のリボン電極を採用することで、強力

な放電、電界空間を生成して、放電、電界空間を通過するウイルスや細菌、カビ、アレルゲンを除去・不活化する。6畳相当の部屋で、空間に浮遊するインフルエンザウイルスを、65分で99%減少させる性能があることを確認している。これは、1時間あたり4.2回の換気能力に匹敵する能力である。また、浮遊菌は115分、浮遊カビは92分で99%減少させることができる。花粉、ネコアレルゲン、ダニアレルゲンでも、90%以上の除去性能を持つ。

この技術を搭載したルームエアコン“MSZ-FHシリーズ”を、欧州など海外で販売している。



ルームエアコンに搭載される空気清浄技術

ルームエアコン“霧ヶ峰MSZ-FHシリーズ”に搭載している室内の汚染空気を浄化する電界除去式空気清浄デバイスである。

1. ま え が き

2009年に流行した新型インフルエンザ以降、中国での鳥インフルエンザの人への感染が確認されるなど、毎年異なる新型流行の懸念もあり、引き続きインフルエンザ予防対策が注目されている。空気清浄関連の市場は、このような背景によるアメニティ・健康志向の高まりから拡大傾向にあり、基本性能である集塵(しゅうじん)能力、脱臭能力に加え、健康に関連するウイルスや細菌類の除去、不活化性能向上が必要となっている。そのため、ルームエアコンでも、室内環境改善の一環として、空気清浄機能の付与が望まれている。

三菱電機では、室内に浮遊するインフルエンザウイルスや浮遊菌類の除去、不活化性能を向上させた電界除去式空気清浄デバイスを開発し、ルームエアコンMSZ-FHシリーズに搭載した。この製品を、欧州など海外で販売している。

本稿では、これらの要望に対応した室内に浮遊するウイルスや細菌類を除去、不活化する技術を搭載したルームエアコンとその技術に関して述べる。

2. 構成と原理

2.1 基本構成

室内に浮遊するウイルスや浮遊菌類を除去、不活化する手段としては、家庭用空気清浄機に搭載されているようなHEPA(High Efficiency Particulate Air)フィルタなどを使用した物理捕集が多い。しかし、ルームエアコンに同機能を搭載する場合、エアコンの基本機能である冷暖房能力への影響を抑制する必要があるため、通気抵抗の小さい低圧力損失の機能を搭載することが望ましい。そのため、低圧力損失と高効率を両立できる方式として、電界除去式を採用した。

図1にルームエアコンMSZ-FHシリーズに搭載している電界除去式空気清浄デバイスの分解図を示す。図の上側が風上で、風上側から、粗ごみを捕集するプレフィルタ、

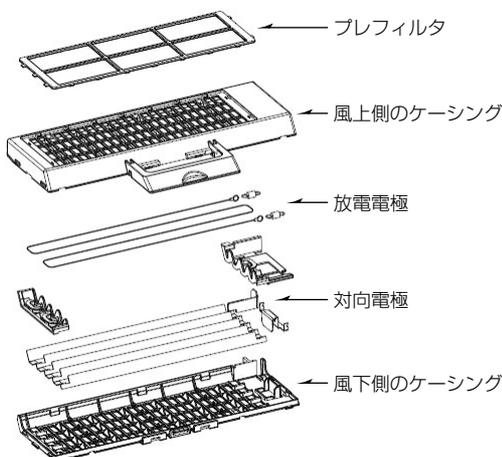


図1. 電界除去式空気清浄デバイスの構成

風上側のケーシング、放電電極、対向電極、風下側のケーシングで構成している。対向電極は風下側のケーシングで保持し、放電電極は、中間枠を介して風下側のケーシングで保持している。対向電極にはステンレスの板状のものを採用し、ケーシングの開口面に対し、所定の角度で傾斜するように斜めに配置している。放電電極には、新規開発のタンゲステンリボン電極を使用している。

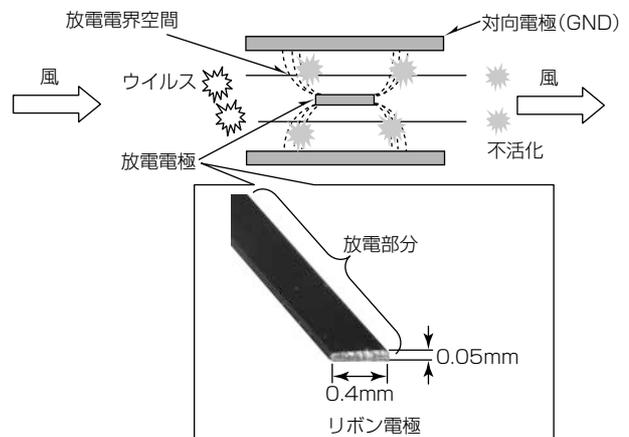
2.2 動作原理

図2に電界除去式空気清浄デバイスの動作原理と放電電極の詳細を示す。放電電極は、その断面が、短辺及び長辺によって周囲を囲んだ矩形(くけい)形状(リボン形状)であり、放電電極の断面は、短辺の長さが0.05mm、長辺の長さが0.4mmとなっている。放電電極にはDC 5~6kVの電圧が印加され、対向電極は接地されている。動作時は、電圧印加によって、放電電極と対向電極の間に強力な放電、電界空間を生成し、放電、電界空間を通過するウイルスや細菌、カビ、アレルゲンを除去・不活化する。

2.3 放電電極形状の従来との違い

当社のこれまでの家庭用空気清浄機やルームエアコンに搭載されていた放電式の集塵機能や脱臭機能を持つ空気清浄デバイスでは、放電電極に突起状の電極を採用してきた。これまで放電電極に突起状の電極を採用してきた理由は、従来放電電極に使用されているワイヤ線の場合、放電による電極の劣化によって、切断の可能性があるためである。また、家庭用の場合、メンテナンスは顧客に任されており、メンテナンス時に電極を誤って切断してしまう可能性も排除できない。切断を回避するためにワイヤ線を太くする方法があるが、その場合、放電電極に印加する電圧を高める必要があり、電気絶縁などの課題が発生する。

突起状の電極を使用した場合、これらの課題は解決するが、ワイヤ線と比較して厚みが増すという課題があった。そのため、ワイヤ線よりも放電による電極の劣化に対する耐性があり、突起電極よりも厚さが薄いリボン電極を新規に採用した。



GND : Ground

図2. 動作原理と放電電極

図3にリボン電極と突起電極の違いを示す。突起電極は、突起部とその根元の板状部分とで構成されるため、その分の厚みが必要となる。また、突起電極を放電電極に使用した場合、突起先端部から放電が生成されるため、放電領域分布が不均一となる。そのため、当社のこれまでの製品では、放電領域分布の不均一さを解消するため、突起部を両側に設けており、更に厚さが増す結果となっていた。今回開発した電界除去式空気清浄デバイスでは、リボン電極を使用することで、これらの課題を解決した。

図4にリボン電極とワイヤ電極の電界強度分布を示す。電磁界解析ツールを用い、放電電極の形状の違いが電界分布に与える影響を評価した。図に示す評価モデルは、放電電極にリボン電極(0.05×0.4(mm))とワイヤ線直径0.05mmのものを使用し、対向電極の高さを6mm、放電電極と対向電極の距離を6mm、モデル奥行き20mmとして計算した例である。図に示すように、リボン電極はワイヤ線と比較し、電界強度が高いことが分かる。流体が電極間を通過する際に受ける電界強度の最小値(通過する空間内で電界強度が最も弱くなる電極端の垂直面での電界強度)を計算すると、リボン電極では、電界強度3,401V/cmに対し、ワイヤ線では、2,465V/cmであり、リボン電極の方がワイヤ線よりも電界強度が高く、効率向上が可能であることが計算上でも分かっている。このように、リボン電極を放電電極に採用することで、突起電極やワイヤ線よりも、効率向上、薄型化の面で有利である。

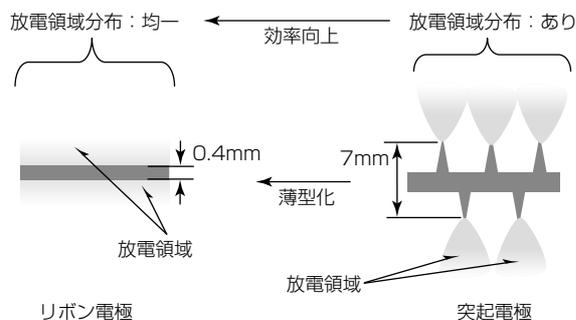


図3. リボン電極と突起電極の違い

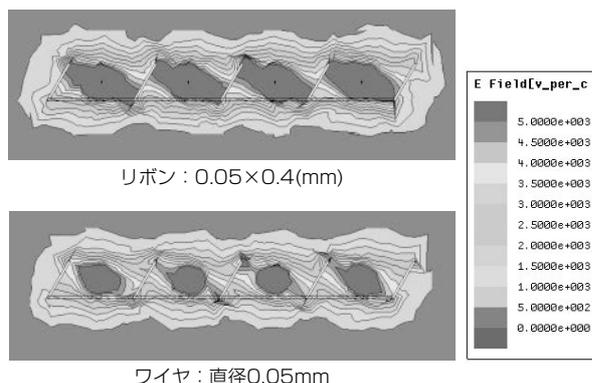


図4. リボン電極とワイヤ電極の電界強度分布

2.4 ルームエアコンへの搭載形態

空気清浄デバイスをルームエアコンに搭載する場合、風路上に空気清浄デバイスを設置する必要がある。しかし、風路上に障害物を設置すると、ルームエアコンの基本機能である冷暖房能力への影響が生じる。そのため、冷暖房能力へ影響しないよう、空気清浄デバイスを構成している。図5にルームエアコンへの電界除去式空気清浄デバイスの搭載形態を示す。前側から、前面パネル、プレフィルタ、電界除去式空気清浄デバイスの順に搭載される。図6にルームエアコンの側断面図を示す。電界除去式空気清浄デバイスの後段には、熱交換器が設置され、図にはないが、その後ろに送風ファンが搭載されている。ルームエアコンへの空気の流れは、上面の開口から入るため、電界除去式空気清浄デバイスへの気流も斜め上部からとなっている。空気流入時の通気抵抗を抑制するために空気清浄デバイスの対向電極は、ケーシングの開口面に対し、所定の角度で傾斜するように斜めに配置されている。これによって、冷暖房能力への影響を抑制する構成としている。

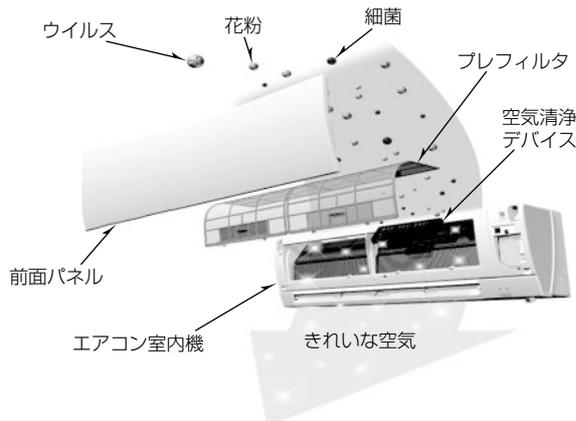


図5. ルームエアコンへの搭載形態(前面)

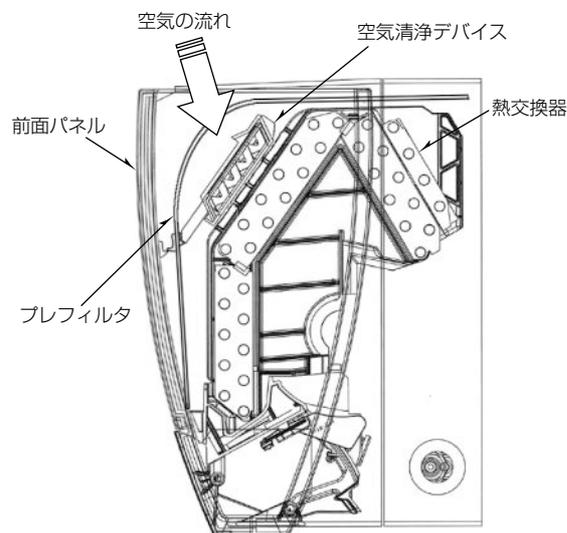


図6. ルームエアコンへの搭載形態(側断面)

3. 空気清浄デバイスの効果

電界除去式空気清浄デバイスの効果を、インフルエンザウイルスを用い、評価した⁽¹⁾。図7に示す実験チャンバー(内容積25m³)を使用し、実験を行った。温湿度：23℃ 30%RH(Relative Humidity)環境下で、ネブライザーを使用し、インフルエンザA型(H3N2)ウイルスをチャンバー内に噴霧し、空気清浄デバイスを搭載したルームエアコンMSZ-FHを稼働させた。そのときのチャンバー内の浮遊インフルエンザウイルスを、一定時間おきにゼラチンメンブレンフィルタによって、40L/minの流量で2分間サンプリングした。その後、ゼラチンメンブレンフィルタに回収したウイルスをMEM(Minimum Essential Medium)で適宜希釈し、MDCK(Madin-Darby Canine Kidney)細胞に接種した。温度34℃の炭酸ガスふ卵器内で、1時間培養後、寒天入りMEMを入れ、温度37℃で48時間培養し、寒天を剥がし、メタノール-クリスタルバイオレット液で固定染色を行い、プラーク数(感染した細胞数)をカウントすることで、ウイルス感染価(感染性があるウイルスの数)を算出した。この測定では、感染力があるウイルスだけが測定され、感染性を失ったウイルスは測定されない。自然減衰を4回、電界除去式空気清浄デバイス稼働を5回、電界除去式空気清浄デバイス停止(エアコンの送風だけ)を4回実験した。

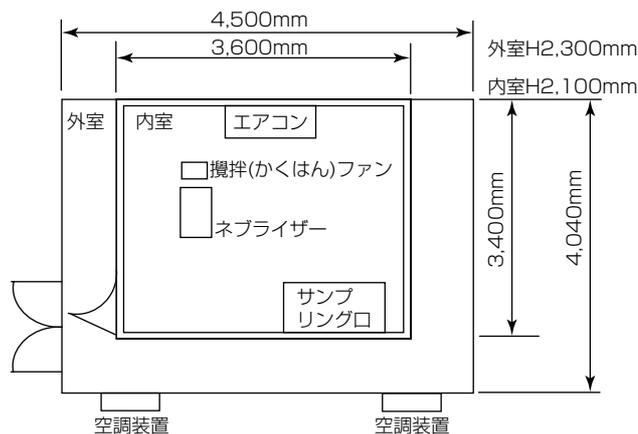


図7. 実験チャンバー(上面図)

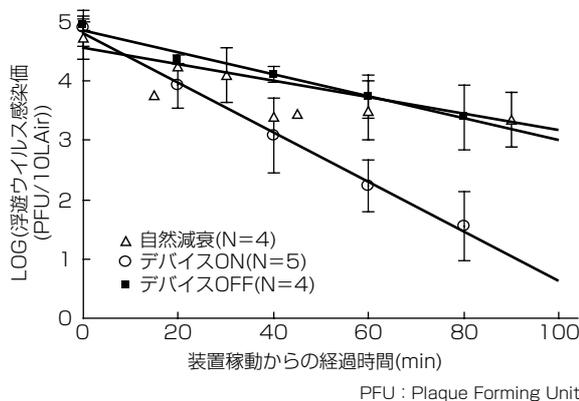


図8. 浮遊インフルエンザウイルスの除去性能

図8に実験の結果を示す。図は、各実験の平均値とその標準偏差を示している。自然減衰と電界除去式空気清浄デバイス停止(図中のデバイスOFF)は、同じ減衰であり、送風だけでは効果が見られないが、電界除去式空気清浄デバイスを稼働(図中のデバイスON)することで減衰効果が得られる。このとき、自然減衰に対して99%減衰する時間は、65分であった。この性能は、日本電機工業会自主基準HD-124を満足する時間である。したがって、この実験の結果から、6畳相当の空間で、電界除去式空気清浄デバイスを稼働させたルームエアコンを運転することで、空間に浮遊するインフルエンザウイルスを、65分で99%減少させる性能があると言える。これは、1時間あたり4.2回の換気能力に匹敵する能力である。また、別途実施した実験によって、浮遊菌は115分、浮遊カビは92分で99%減少させる能力があることを確認している。花粉、ネコアレルゲン、ダニアレルゲンでも、ワンパス除去率は90%以上の性能を持つことを確認している。

4. むすび

室内に浮遊するウイルスや細菌を除去、不活化する技術を搭載したルームエアコンとその技術に関して、その特長と技術を述べた。今後も、健康衛生志向の高まりによって、更なる性能向上が望まれると同時に、他の様々な物質除去の性能要求も高まってくると予想される。そのため、要求される技術的課題も変わっていくことが考えられるが、市場要求に対応したタイムリーな対応を実施するための開発を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 一般社団法人 日本電機工業会自主基準HD-124：空気清浄機の浮遊ウイルスに対する除去性能評価試験方法 (2011)